Método de los Elementos Finitos

Ejercicio del curso 2007-08

Un viaducto de una línea de ferrocarril de alta velocidad consta de 1 vano, isostático, de 30 m. de luz. La sección transversal corresponde a dos vigas artesa y una losa, estando situados los apoyos de cada una de las dos vigas artesa sobre la pila en el punto medio de cada ala inferior. Como se muestra en la sección transversal de la figura 1, el viaducto tiene dos vías sobre una plataforma de ancho 16 m. La distancia entre los ejes de las vías es de 6 m. El canto de cada viga artesa es constante de valor 2,4 m.

El hormigón estructural tiene una resistencia característica $f_{ck} = 35$ N/mm^2 y la densidad es $\rho_c = 2500$ kg/m^3. Además, la masa correspondiente al "resto de cargas permanentes" (balasto, barandillas, vías, etc.) es 14200 kg/m.

Para hacer el análisis estructural se realizan dos modelos de elementos finitos:

1. Un modelo global con elementos viga 3D de Bernouilli (incluyendo la torsión) dispuestos según una recta.

2. Un modelo más detallado en el que se representan con elementos de lámina la losa, y las alas y las almas de las vigas artesa.

Se pide:

1. Obtener los movimientos máximos en el eje de la vía para las hipótesis de carga correspondientes a peso propio y al tren de cargas UIC-71 con sólo una vía cargada y dispuesto en la posición más desfavorable (este tren está definido en la Instrucción de Acciones de Puentes de Ferrocarril y en la figura 2). Comparar los resultados obtenidos con los dos modelos de elementos finitos y los obtenidos analíticamente con las hipótesis de la resistencia de materiales.

2. Obtener los modos de oscilación de la estructura cuyas frecuencias propias son inferiores a 30 Hz. Comparar y discutir los resultados obtenidos con ambos modelos de elementos finitos.

3. Obtener la respuesta dinámica para una carga móvil de 200 kN que recorre con velocidad constante una de las vías, integrando en el tiempo los modos de oscilación. Considerar las seis velocidades $v = 120$, 180, 240, 300, 360 y 420 km/h. Representar en abscisas la velocidad y en ordenadas el cociente entre la flecha máxima dinámica en el centro de vano y la flecha estática de la carga puntual. De acuerdo con la instrucción IAPF-2004 considerar una fracción de amortiguamiento crítico $\xi = 2\,\%$

Observaciones:

- La definición de las propiedades geométricas de la sección transversal de un elemento viga se describe en el apartado 7.8 del manual de usuario. Puede ser conveniente calibrar algunas de estas propiedades con el modelo tridimensional.

- En el elemento viga es necesario orientar los ejes locales respecto de los ejes globales. Estos ejes en feap se pueden definir mediante un vector de referencia, una dirección o un nodo de referencia. Por ejemplo para definir los ejes locales mediante un vector de referencia $\boldsymbol{v}$, sus coordenadas (en ejes globales) se definen mediante el mandato `refe,vect` dentro del bloque de material. Una vez definido $\boldsymbol{v}$, los ejes locales son: $\boldsymbol{e}_z$ = el eje viga; $\boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_z \wedge \boldsymbol{v}$ y $\boldsymbol{e}_y = \boldsymbol{e}_x \wedge \boldsymbol{e}_z$. ($\boldsymbol{e}_x$, $\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_z$ son los versores de cada dirección local). Lo más fácil, si la viga está en un plano es definir $\boldsymbol{v}$ según la dirección normal a este plano.

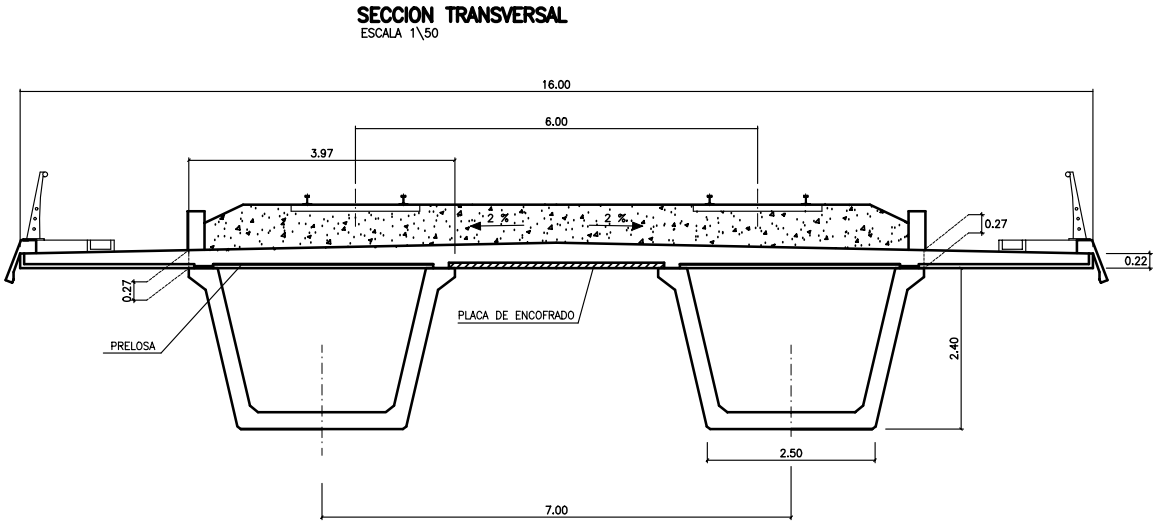

Figura 1: *Sección transversal*

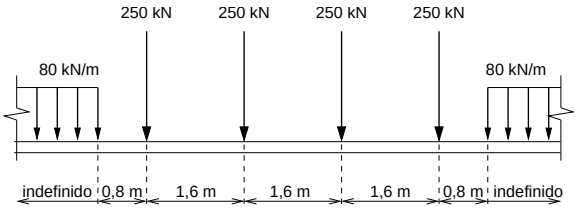

Figura 2: *Tren de cargas UIC-71*

- La forma de realizar el análisis de los modos de oscilación y la integración en el tiempo de los mismos se describe en los apartados 14.4.1, 14.4.2 y 14.4.3 del manual de usuario de Feap.
- La forma de definir historias temporales de carga en los nodos se explica en los apartados 5.4.5, 14.1.21 y 14.7. El número de historias de carga está limitado a 50.